

# Procedure for operating a movable pipe inspecting device.

**Publication number:** EP0623814 (A2)

**Publication date:** 1994-11-09

**Inventor(s):** SCHECK WERNER DR [DE] \*

**Applicant(s):** RICO MIKROELEKTRONIK GMBH [DE] \*

**Classification:**

- **international:** **G01M3/00; G01M3/38; G01M3/00;** (IPC1-7): G01M3/38

- **European:** G01M3/00C; G01M3/38

**Application number:** EP19940102513 19940219

**Priority number(s):** DE19934314769 19930505

## Also published as:

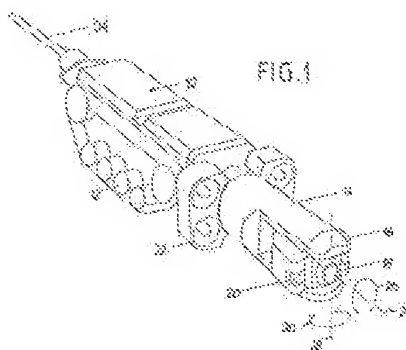
EP0623814 (A3)  
EP0623814 (B1)  
ES2106384 (T3)  
DE4314769 (A1)  
AT157768 (T)

## Cited documents:

EP0282687 (A2)  
DE3229441 (A1)

## Abstract of EP 0623814 (A2)

An inspection camera (18) is supported on a vehicle (10) so as to be rotatable about a longitudinal axis (24) and pivotable about an axis (28) at right angles thereto, and in each case motor-driven. Angle-measuring transmitters are allocated to these drives. The measured values are fed to a microprocessor as variable. Evaluation electronics (32) calculate the respective sight-line length (L) of the camera from these variables together with two tube/device-specific constants. As a function of this sight-line length (L), the camera is automatically focused and the illumination is adapted in such a way that the illumination density remains constant. The separation between two target points on the pipe wall is determined by a computer subtraction of the two sight-line vectors to the two target points.



.....  
Data supplied from the **espacenet** database — Worldwide



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(21) Anmeldenummer: **94102513.2**

(51) Int. Cl.<sup>5</sup>: **G01M 3/38**

(22) Anmeldetag: **19.02.94**

(30) Priorität: **05.05.93 DE 4314769**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**09.11.94 Patentblatt 94/45**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT CH DE ES FR GB LI SE**

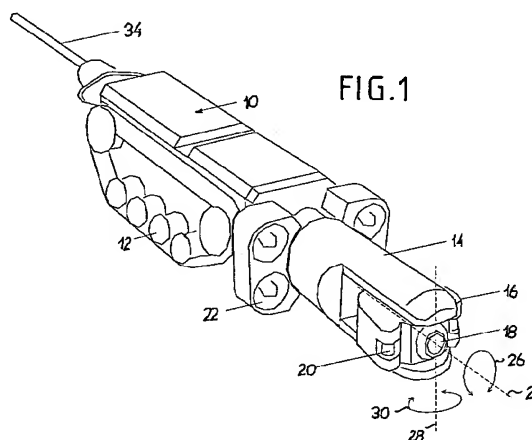
(71) Anmelder: **RICO GESELLSCHAFT FÜR  
MIKROELEKTRONIK mbH**  
**Dieselstrasse 15**  
**D-87437 Kempten (DE)**

(72) Erfinder: **Scheck, Werner, Dr.**  
**Am Schlossgut 15**  
**D-87437 Kempten (DE)**

(74) Vertreter: **Hübner, Hans-Jürgen, Dipl.-Ing.**  
**Mozartstrasse 31**  
**D-87435 Kempten (DE)**

(54) **Verfahren zum Betreiben eines fahrbaren Rohrinspektionsgerätes.**

(57) Eine Inspektionskamera (18) ist an einem Fahrzeug (10) um eine Längsachse (24) drehbar und um eine dazu rechtwinklige Achse (28) schwenkbar gelagert und jeweils motorisch angetrieben. Diesen Antrieben sind Winkelmeßwertgeber zugeordnet. Die Meßwerte werden einem Mikroprozessor als Variable zugeführt. Eine Auswerteelektronik (32) errechnet aus diesen Variablen zusammen mit zwei rohr-/gerätespezifischen Konstanten die jeweilige Sichtlinienlänge (L) der Kamera. In Abhängigkeit von dieser Sichtlinienlänge (L) wird die Kamera automatisch fokussiert und die Beleuchtung derart angepaßt, daß die Beleuchtungsichte konstant bleibt. Der Abstand zwischen zwei Zielpunkten auf der Rohrwand wird dadurch bestimmt, daß eine rechnerische Subtraktion der beiden Sichtlinienvektoren auf die beiden Zielpunkte stattfindet.



Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines fahrbaren Rohrinspektionsgerätes, das einen, um zwei rechtwinklig zueinander liegende Achsen verschwenkbaren Kamerakopf aufweist, dessen Schwenkbewegungen von fernsteuerbaren Motoren bewirkt und mittels Drehwinkel-Meßwertgebern gemessen werden, deren Meßsignale auf einem Monitor darstellbar und auswertbar sind.

Aus der DE-A-36 05 654 ist ein derartiges Verfahren bekannt. Das Rohrinspektionsgerät dient dazu, z.B. unterirdische Rohre auf Schadstellen zu untersuchen. Nach dem bekannten Verfahren werden die elektrischen Signale der Drehwinkel-Meßwertgeber auf einem Monitor außerhalb des Rohres digital angezeigt. Die Anzeige erfolgt in Winkelgraden. Um Schadstellen zu erkennen, muß die Kamera in der jeweiligen Blickrichtung scharf gestellt, also fokussiert werden. Eine Abschätzung der Größe einer Schadstelle ist mit diesem Verfahren nur unvollkommen möglich. Wird die Kamera z.B. aus der Längsrichtung in eine Querlage verschwenkt, so erscheint das Bild auf dem Monitor stark überbelichtet und die Beleuchtung müßte entweder herabgesetzt oder eine Blendeneinstellung müßte verändert werden, um auf dem Bild Details erkennen zu können. Solche manuellen Handeinstellungen sind zeitaufwendig.

Ein ähnliches Rohrinspektionsgerät zeigt die DE-U-91 03 527. Die Signale der auch hier vorgesehenen Drehwinkel-Meßwertgeber dienen zur Erfassung der Kameraposition und Anzeige auf einem Monitor. Um die Größe einer Schadstelle an der Rohrwand abschätzen zu können, wird hier ein Maßstab im Sichtbereich der Kamera angeordnet, der auf dem Monitor erscheint und eine Größenabschätzung der Schadstelle erleichtert. Zur Ermittlung von Fugenbreiten kann die Kamera auf einen Fugenrand scharfgestellt werden, wonach der Fahrer längs des Rohres so weit verfahren wird, bis die Kamera auf den anderen Fugenrand zielt. Die Fahrstrecke ist dann ein Maß für die Fugenbreite. Schadstellen können mit dieser Methode aber nicht auf Position und Größe untersucht werden, weil diese in der Regel nicht in Querebenen des Rohres verlaufen.

Die DE 41 14 601 zeigt ebenfalls ein gattungsgemäßes Rohrinspektionsgerät, dessen Kamerasingnale in digitalisierter Form auf einem Monitor sichtbar gemacht werden. Eine externe Bedieneinheit erlaubt das Ein- und Ausschalten des Inspektionsgerätes und das Ansteuern der Motoren zum Bewegen der Kamera. Um jedoch das Kamerasystem auf ein Rohrwandbild scharf zu stellen und um die Position einer Schadstelle und deren Dimension zu bestimmen, sind nach wie vor etliche manuelle Einstellvorgänge nötig, und dennoch lassen sich insbesondere die Dimensionen von Schadstellen nur grob abschätzen.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zum Betreiben eines Inspektionsgerätes zu schaffen und dieses Inspektionsgerät entsprechend auszubilden, um manuelle Einstellvorgänge einzusparen, sodaß Rohrinspektionen in kürzerer Zeit und genauer durchgeführt werden können.

Diese Aufgabe wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren dadurch gelöst, daß die Meßsignale der Drehwinkel-Meßwertgeber einer Auswertelektronik zugeführt werden, die nach Eingabe oder Messung von rohrspezifischen Konstanten, welche dem Rohrradius und dem Rohrachsabstand des Kameraobjektives proportional sind, die Sichtlinienlänge zwischen Kameraobjektiv und einem Zielpunkt auf der Rohrinnenfläche errechnet und in Abhängigkeit von diesem Rechenwert mindestens eine der folgenden Operationen automatisch durchgeführt wird:

- a) die Auswertelektronik ermittelt die dem Rechenwert (L) entsprechende Sollposition des Objektives oder Bildaufnehmers und aktiviert dessen Antrieb bis die Kamera auf den Zielpunkt automatisch fokussiert ist.
- b) die Beleuchtungsstärke eines Scheinwerfers des Inspektionsgerätes und/oder die Einstellung einer Blende der Kamera wird/werden automatisch in Abhängigkeit von der Sichtlinienlänge verändert.
- c) die Position des Zielpunktes wird durch Errechnung der Koordinaten in der Auswertelektronik auf einem Monitor angezeigt; und
- d) der Rechenwert oder die Positionskoordinaten des Zielpunktes wird/werden zwischengespeichert und die Kamera wird auf einen zweiten Zielpunkt gerichtet, die auf ihn bezogene zweite Sichtlinienlänge wird errechnet und der Abstand beider Zielpunkte wird durch vektorielle Subtraktion beider Sichtlinienlängen in der Auswertelektronik rechnerisch ermittelt.

Um z.B. eine Kamera automatisch zu fokussieren, ist es bekannt, Entfernungssensoren einzusetzen, jedoch sind solche Sensoren und die zugehörige Auswertelektronik teuer. Während bei allgemeinen Kameraanwendungen kein Zusammenhang zwischen Blickwinkel und Entfernung besteht, ist diese aber bei der Rohrinspektion über die Zylindergeometrie nahezu perfekt vorhanden. Daher läßt sich mit den schon bisher für manuelle Fokussierung erfaßten Meßdaten und wenigen vorprogrammierbaren rohr- und gerätespezifischen Daten die Entfernung des Objekts vom Bild- oder Zielpunkt sehr genau rechnerisch ermitteln. Tatsächlich gelingt es bei Kenntnis des Rohrdurchmessers und des Achsabstandes zwischen Kamera und Rohr nur durch Auswertung der Signale der beiden Drehwinkel-Meßwertgeber für die Kamerabewegungen die Sichtlinie zwischen Objektiv und Zielpunkt in Länge und Richtung exakt zu bestimmen. Die Längenbe-

stimmung dient dann unmittelbar zur Fokussierung des Kamerasystems, womit jegliche manuelle Bedienung entfällt. Das Kamerabild auf dem Monitor erscheint immer mit optimaler Schärfe. Nachdem die Sichtlinienlänge der Kamera in jeder Kamerastellung neu ermittelt wird, läßt sich dieser Rechenwert auch sehr leicht zur Anpassung der Beleuchtungsstärke und/oder Blendeneinstellung des Kamerasystems einsetzen, da hier eine einfache quadratische Abhängigkeit besteht. Die Helligkeit der Abbildung auf dem Monitor kann also automatisch angepaßt werden, sodaß jegliche Nachstellungen von Hand entfallen.

Da die beiden Drehwinkel-Meßwertgeber auch eine Errechnung der Richtung der Kamerasichtlinie ermöglichen, lassen sich erfindungsgemäß nicht nur die Positionen von Schadstellen mit X- Y-Koordinaten auf dem Monitor darstellen, sondern auch deren Dimension viel genauer berechnen, als dies bisher durch optisches Abschätzen anhand eines Vergleichsmaßstabs möglich war.

Insgesamt bringt die Erfindung den Vorteil, daß mit einer einfach programmierbaren Auswerteelektronik eine Vielzahl von Handbedienungsoperationen entfällt, da diese Operationen nunmehr automatisch und viel schneller ausgeführt werden. Da die Monitorbilder immer scharf erscheinen, können Schadstellen nicht mehr so leicht übersehen werden, sodaß das Inspektionsgerät sicherer arbeitet.

Mit der im Patentanspruch 2 wiedergegebenen Formel ist eine analytisch exakte Errechnung des Objektivabstandes vom betrachteten Rohrwandbereich möglich. Die Stellgröße für das Fokus-Regelsystem steht in einem festen Zusammenhang mit dem errechneten Entfernungswert, sodaß mit einem entsprechenden softwaremäßigen Aufwand der Stellantrieb für die Fokusverstellung automatisch angesteuert werden kann. Da in der Praxis geringfügige Zugeständnisse an die absolute Genauigkeit ohne weiteres zulässig sind, kann der analytische Zusammenhang zwischen Stellgröße für das Fokus-Regelsystem zusammen mit der Fokus-Tabelle erheblich vereinfacht werden, indem eine geeignete Näherungslösung für das Steuerprogramm verwendet wird. Als eine solche Näherungslösung kommt ein Produktansatz mit Variablentrennung und linearisierten Termen in den Fokuswerten in Frage.

Obwohl der Durchmesser bzw. im Fall eines eiförmigen Querschnittes die Querschnittsform des Rohres vor der Untersuchung im allgemeinen bekannt ist, sodaß die entsprechenden Daten vor Untersuchungsbeginn manuell eingegeben werden können, erlaubt die Erfindung eine Bestimmung des Rohrdurchmessers vor Ort. Die dafür erforderlichen Maßnahmen bilden den Gegenstand von Patentanspruch 5. Mit diesen Maßnahmen wird ein Irrtum hinsichtlich des tatsächlichen Rohrdurch-

messers ausgeschlossen und es werden eventuelle Fehler durch manuelle Falscheingaben vermieden. Dazu bedarf es lediglich einer manuellen Fokussierung der Kamera in zwei Stellungen, vorzugsweise mit einer Blickrichtung vertikal aufwärts und vertikal abwärts. Die zugehörigen Positionen des Stellantriebes des Fokussystems werden dann durch einfache Betätigung der Eingabetaste in den Speicher der Auswerteelektronik übernommen und für die anschließende Rohroberflächenuntersuchung verwendet.

Die Erfindung betrifft weiterhin ein Rohrinspektionsgerät mit den Merkmalen des Oberbegriffes von Anspruch 6. Ein solches Inspektionsgerät ist aus dem eingangs genannten Stand der Technik bekannt. Insbesondere weist der drehbare Kamerakopf ein rechtwinklig zur Rotationsachse schwenkbares Kameragehäuse auf und es sind motorische Antriebe für die Schwenkbewegungen und den Antrieben zugeordnete Drehwinkel-Meßwertgeber vorgesehen. Letztere dienen beim Stand der Technik lediglich dazu, die Bewegungen der Kamera auf einem Monitor zu reproduzieren. Erfindungsgemäß werden nun diese Meßwertdaten der Drehwinkelsensoren in der Auswerteelektronik mit zwei rohr-/gerätespezifischen Eingabedaten nach einem vorgegebenen Programm zu einem momentanen Rechenwert verarbeitet, der der Sichtlinienlänge zwischen dem Kameraobjektiv und dem in dessen Blickrichtung liegenden Zielpunkt auf der Rohrwand proportional ist. Dieser Rechenwert wird nun erfindungsgemäß verwendet, um weitere Operationen automatisch durchzuführen. Mit dem absoluten Betrag der Sichtlinienlänge wird einmal die Kamera automatisch fokussiert. Dazu weist das Inspektionsgerät einen, dem Stellantrieb des Objektivs oder Bildaufnehmers zugeordneten Positions-Meßwertgeber auf und die Auswerteelektronik steuert den Stellantrieb an, bis der Istwert des Meßwertgebers dem Sollwert entspricht, den das Rechenprogramm als Funktion der Sichtlinienlänge ermittelt. Da weiterhin zwischen der Sichtlinienlänge und einer passenden Beleuchtungsstärke eine umgekehrt quadratische Abhängigkeit besteht, wird erfindungsgemäß auch eine automatische Helligkeitssteuerung des Monitorbildes realisiert. Zu diesem Zweck weist entweder der Scheinwerfer eine Helligkeitssteuerung oder die Kamera eine Blendensteuerung auf und nach einmaliger Vorwahl einer gewünschten Bildschirmhelligkeit sorgt nun die Auswerteelektronik dafür, daß bei Änderung der Sichtlinienlänge eine automatische Helligkeitsanpassung erfolgt, sodaß die Bildschirmhelligkeit in allen Sichtrichtungen der Kamera erhalten bleibt.

Da mit dem Rechenprogramm die Auswerteelektronik nicht nur der absolute Betrag der Sichtlinienlänge sondern der Sichtlinienvektor, also auch die Blickrichtung der Kamera erfaßt werden, wird

erfindungsgemäß der Rohrwand-Zielpunkt auf dem Monitor in seiner exakten Position abgebildet und mit seinen Koordinaten dargestellt.

Die Dimensionen einer Schadstelle lassen sich mit der Erfindung schnell und sehr genau zu bestimmen. Bei einem Rohrwandriß wird die Kamera auf das eine Ende des Risses gerichtet. Die Fokussierung erfolgt automatisch. Durch Tastendruck an der Eingabetastatur wird dieser Zielpunkt gespeichert. Dann wird die Kamera bei feststehendem Fahrzeug auf das andere Ende des Risses eingestellt und auch diese Position wird gespeichert. Danach errechnet die Auswertelektronik die Rißlänge, die zusammen mit weiteren Angaben, insbesondere den Koordinaten markanter Punkte des Risses in einem Protokoll ausgedruckt werden. Noch einfacher erfolgt die Dimensionsbestimmung bei feststehender Kamera durch Anfahren der Rißendpunkte mit einem Cursor und Anklicken auf dem Monitor. Das Programm errechnet den Abstand beider Punkte.

Anhand der Zeichnung, die ein Ausführungsbeispiel darstellt, wird die Erfindung näher beschrieben.

Es zeigt:

FIG. 1 eine schematisierte Ansicht einer fahrbaren Rohruntersuchungs-Fernsehkamera und

FIG. 2 ein Blockdiagramm zur Erläuterung der automatischen Fokusverstellung der Kamera

Ein Fahrzeug 10 mit Raupenantrieb 12 weist an der vorderen Stirnseite einen Kamerakopf 14 auf, der ein Kameragehäuse 16 mit einer Kamera 18 enthält. Das Kameragehäuse 16 weist beidseitig der Kamera 18 je eine Beleuchtungseinheit 20 auf, die also dieselben Bewegungen wie die Kamera 18 ausführt. Zwischen dem Kamerakopf und dem Fahrzeug 10 ist eine Zusatzbeleuchtungseinheit 22 montiert, die ständig in Rohrlängsrichtung gerichtet ist.

Der Kamerakopf 14 ist um die Längsachse 24 im Fahrzeug 10 drehbar gelagert und mit einem nicht dargestellten Drehantrieb gekoppelt. Dieser Antriebsmotor ist gegenläufig antreibbar, sodaß der Kamerakopf in beiden Richtungen gedreht werden kann, wie durch den Doppelpfeil 26 in Figur 1 veranschaulicht ist.

Das Kameragehäuse 16 ist in einem Schlitz des Kamerakopfes 14 um eine zur Achse 24 rechtwinklige Achse 28 schwenkbar gelagert und mit einem entsprechenden Schwenkantrieb (nicht dargestellt) verbunden. Das Kameragehäuse 16 kann somit gegenläufig jeweils um 135° entsprechend dem Doppelpfeil 30 verschwenkt werden.

Dem Antriebsmotor für die Kamerakopfdrehung im Fahrzeug 10 ist ein Positionsmeßwertgeber in Form eines Drehwinkel-Meßwertgebers - kurz Dreh-

geber - zugeordnet. Der Kamerakopf 14 weist einen entsprechenden Drehgeber zur Bestimmung der Schwenkposition des Kameragehäuses 16 auf. Im Fahrzeug befindet sich eine Steuerelektronik 32 (FIG. 2), der die Signale der Drehgeber der Kameraschwenk- und -drehmotoren über Steuerleitungen zugeführt werden. Das Fahrzeug 10 zieht ein Schleppkabel 34 hinter sich her, das Energieversorgungsleitungen und eine Kommunikationsleitung aufweist und mit einem nicht dargestellten Arbeitsplatz außerhalb des zu untersuchenden Rohres verbunden ist.

Blickt die Kamera 18 entsprechend FIGUR 1 in Rohrlängsrichtung, so beträgt der Abstand zwischen Kamera und dem sichtbaren Bereich im Rohr mehrere Meter. Wird dagegen das Kameragehäuse um 90° in eine Querrichtung verschwenkt, so kann dieser Abstand - je nach Rohrdurchmesser - bis zum Rohrwandbereich nur wenige Zentimeter betragen. Zur Scharfeinstellung des Kamerabildes müssen das Objektiv 36 (FIG. 2) oder der Bildaufnehmer 41 der Kamera 18 in Richtung der Rotationsachse 24 bei jeder Änderung der Kameraposition verstellt werden. Zu diesem Zweck ist im Kameragehäuse 16 ein Stellmotor 38 mit Exzenter-scheibe vorgesehen, der einen verschiebbaren Träger 40 des Bildaufnehmers 41 in Richtung des Doppelpfeils 42 verschiebt. Ein Linearwegaufnehmer 44 erfaßt die jeweilige Position des Trägers 40 und gibt diese Daten an einen Mikroprozessor 46.

Der Mikroprozessor 46 wird von einem Programm gesteuert, das als Variable den Rotationswinkel T bei Drehung der Kamera 18 um die Achse 24 und den Schwenkwinkel P der Kamera 18 bei Verschwenkung um die Achse 28 aufweist. Die durch entsprechende Drehgeber gemessenen Drehwinkel werden in digitalisierter Form dem Mikroprozessor 46 zugeführt. Als weitere Eingabedaten dienen der Radius R des zu untersuchenden Rohres und der Abstand D der Achse des zu untersuchenden Rohres von der Rotationsachse 24. Der jeweilige Abstand L der Kamera 18 vom Zielpunkt auf dem zu untersuchenden Rohrwandbereich, also die Sichtlinienlänge, läßt sich nun mit den vorgegebenen Werten nach folgender Formel errechnen:

$$L = \frac{D \sin T + \sqrt{R^2 - D^2 \cos^2 T}}{\sin P}$$

wobei wiederum jedem bestimmten Rechenwert L eine bestimmte Position des Bildaufnehmers 41 - oder im Falle eines verstellbaren Objektivs 36 dessen Position - entspricht. Bei jeder Lageveränderung der Kamera 18 errechnet der Mikroprozessor

46 die entsprechende momentane Sollposition des Bildaufnehmers 41 neu und die Steuerelektronik 32 sorgt dafür, daß der Bildaufnehmer 41 diese Position einnimmt. Das am Monitor angezeigte Bild des jeweiligen Rohrwandbereiches ist also auf den Zielpunkt automatisch fokussiert.

Um den spezifischen, für jede Rohruntersuchung gleichbleibenden Daten des Rohres und des Kamerafahrzeuges zu ermitteln, wird vorzugsweise folgendermaßen vorgegangen. Der Kamerakopf 14 wird um 90° um die Achse 24 gedreht und das Kameragehäuse 16 wird ebenfalls um 90° aus seiner Mittelstellung in eine Querstellung verschwenkt. Die Kamera 18 blickt dann lotrecht nach unten und in dieser Stellung wird durch die Eingabetastatur am Arbeitsplatz die Steuerelektronik 32 manuell solange angesteuert, bis das Kamerabild seine maximale Schärfe hat. Die Position des Bildaufnehmers 41 wird dann als erste Eingabegröße gespeichert. Das Kameragehäuse 16 wird dann um 180° verschwenkt, blickt also lotrecht nach oben und in dieser Position wird der Bildaufnehmer 41 wiederum anhand des Monitorbildes fokussiert. Auch diese Position des Bildaufnehmers 41 wird im Mikroprozessor gespeichert und mit diesen beiden Werten liegen dann die Konstanten D und R für die anstehende Rohruntersuchung fest.

Um zu verhindern, daß der Bildaufnehmer 41 beim Wechsel von großer zu kleiner Sichtlinienlänge L übersteuert wird, weil die Beleuchtungsstärke mit abnehmender Sichtlinienlänge L quadratisch zunimmt, findet gemäß einem Erfindungsaspekt eine automatische Anpassung der Beleuchtungsstärke derart statt, daß die Beleuchtungsstärke auf dem betrachteten Rohrwandwandfeld konstant bleibt. Die Scheinwerfer werden von einem elektronischen Helligkeitsregler durch das Programm der Auswerteelektronik 32 nach der Formel für die Lichtstärke X der Scheinwerfer 20

$$X = C L^2$$

angesteuert, wobei C einmal eine von Hand auf passende Helligkeit am Helligkeitsregler eingestellte Konstante ist.

Anstelle der Lichtstärkenregelung kann das Kameraobjektiv auch mit einer einstellbaren Blende versehen sein, wobei die Blendenöffnung X in Abhängigkeit von der Sichtlinienlänge L nach obiger Formel verstellt wird.

Mit der Erfindung ist nun eine sehr schnelle Messung von Dimensionen auf der Rohrwand möglich, beispielsweise Länge und Breite eines Rohrwandrisses. Die Kameraachse wird nacheinander auf die Enden des Rohrrisses als Zielpunkte eingestellt und durch jeweiliges Drücken der Eingabetaste werden die beiden in der Auswerteelektronik 32 errechneten Sichtlinienlängen  $L_1$ ,  $L_2$  zwischenge-

speichert. Der Fahrwagen wird dabei nicht bewegt. Ohne weitere manuelle Eingaben errechnet das Programm der Auswerteelektronik 32 den Abstand A zwischen beiden Zielpunkten als Differenz der beiden Sichtlinienvektoren  $L_1$ ,  $L_2$  und zwar nach der Formel:

$$A = \sqrt{L_1^2 - 2L_1 L_2 K + L_2^2}$$

wobei der Wert K in Abhängigkeit vom Drehwinkel T und Schwenkwinkel P der Kamera nach der Formel

$$K = \cos(P_1) \cos(P_2) + \cos(T_1 - T_2) \sin(P_1) \sin(P_2)$$

errechnet wird.

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines fahrbaren Rohrspektionsgerätes (10), das einen, um zwei rechtwinklig zueinander liegende Achsen (24, 28) verschwenkbaren Kamerakopf (14) aufweist, dessen Schwenkbewegungen von fernsteuerbaren Motoren bewirkt und mittels Drehwinkel-Meßwertgebern gemessen werden, deren Meßsignale auf einem Monitor darstellbar und auswertbar sind, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Meßsignale der Drehwinkel-Meßwertgeber einer Auswerteelektronik (32) zugeführt werden, die nach Eingabe oder Messung von rohrspezifischen Konstanten, welche dem Rohrradius (R) und dem Rohrachsabstand (D) des Kameraobjektivs (36) proportional sind, die Sichtlinienlänge (L) zwischen Kameraobjektiv (36) und einem Zielpunkt auf der Rohrinnenfläche errechnet und in Abhängigkeit von diesem Rechenwert (L) mindestens eine der folgenden Operationen durchgeführt wird:

a) die Auswerteelektronik (32) ermittelt die dem Rechenwert (L) entsprechende Sollposition des Objektivs (36) oder Bildaufnehmers (41) und aktiviert dessen Antrieb bis die Kamera (18) auf den Zielpunkt automatisch fokussiert ist;

b) die Beleuchtungsstärke eines Scheinwerfers (20) des Inspektionsgerätes (10) und/oder die Einstellung einer Blende der Kamera (18) wird/werden automatisch in Abhängigkeit von der Sichtlinienlänge (L) verändert;

c) die Position des Zielpunktes wird durch Errechnung der Koordinaten (X,Y) in der Auswerteelektronik (32) auf einem Monitor angezeigt; und

d) der Rechenwert ( $L_1$ ) oder die Positionskoordinaten des Zielpunktes wird/werden zwischengespeichert und die Kamera (18)

wird auf einen zweiten Zielpunkt gerichtet, die auf ihn bezogene zweite Sichtlinienlänge ( $L_2$ ) wird errechnet und der Abstand beider Zielpunkte wird durch vektorielle Subtraktion beider Sichtlinienlängen ( $L_1$ ,  $L_2$ ) in der Auswerteelektronik (32) rechnerisch ermittelt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Auswerteelektronik (32) ein Rechenprogramm aufweist, das die Sichtlinienlänge ( $L$ ) wenigstens annäherungsweise nach der Gleichung

$$L = \frac{D \sin T + \sqrt{R^2 - D^2 \cos^2 T}}{\sin P}$$

oder einen entsprechenden Näherungsgleichung errechnet, wobei

D = Abstand Rohrachse - Kameraachse,  
R = Rohrradius,  
T = Drehwinkel des Kamerakopfes (14), und  
P = Schwenkwinkel des Kameragehäuses (16)

bedeuten.

3. Verfahren zur Abstandsbestimmung zweier Zielpunkte auf der Rohroberfläche nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** beide Sichtlinienlängen ( $L_1$ ,  $L_2$ ) bei unveränderter Position des Fahrwagens des Inspektionsgerätes (10) bestimmt werden und das Programm der Auswerteelektronik (32) lediglich mit diesen beiden Rechenwerten und den Winkeln ( $T_1$ ,  $T_2$ ) des Kamerakopfes (14) und ( $P_1$ ,  $P_2$ ) des Kameragehäuses (16) den Abstand ( $A$ ) ermittelt.
4. Verfahren zur Abstandsbestimmung zweier Zielpunkte auf der Rohroberfläche nach einem der Ansprüche 1-3, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Auswerteelektronik (32) ein Rechenprogramm aufweist, das den Abstand ( $A$ ) zwischen zwei Zielpunkten wenigstens näherungsweise nach der Gleichung

$$A = \sqrt{L_1^2 - 2L_1 L_2 K + L_2^2}$$

errechnet, wobei  $L_1$ ,  $L_2$  die auf die beiden Zielpunkte gerichteten Sichtlinienlängen bedeuten und der Wert  $K$  nach der Formel oder einem dieser entsprechenden Näherungsver-

fahren errechnet wird

$$K = \cos(P_1) \cos(P_2) + \cos(T_1 - T_2) \sin(P_1) \sin(P_2),$$

wobei  $T_1$ ,  $T_2$  die zugehörigen Drehwinkel des Kamerakopfes (14) und  $P_1$ ,  $P_2$  die Schwenkwinkel des Kameragehäuses 16 bedeuten.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-4, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Kamera (18) zu Beginn der Rohrinspektion um  $90^\circ$  in eine Querposition geschwenkt und der Kamerakopf (14) in eine erste Drehposition mit Blickrichtung rechtwinklig zur Fahrbene gedreht und die Kamera (18) anschließend um  $180^\circ$  in eine zweite Position gedreht oder geschwenkt wird und in beiden Positionen die Kamera (18) durch Fernsteuerung ihres Stellantriebes (38) anhand eines Monitors jeweils manuell fokussiert wird, daß aus den jeweils errechneten Sichtlinienlängen ( $L$ ) in der Auswerteelektronik (32) der Rohrdurchmesser ( $R$ ) und der Rohrachsabstand ( $D$ ) der Kamera als Eingabewerte für die anschließende automatische Fokussierung ermittelt werden.

6. Rohrinspektionsgerät mit einem an einem Fahrwagen montierten Kamerakopf (14), der um eine in Fahrrichtung liegende Längsachse (24) drehbar und dessen Kameragehäuse (16) um eine rechtwinklig dazu liegende Achse (28) verschwenkbar gelagert ist, weiterhin mit entsprechenden fernsteuerbaren Antrieben und Drehwinkel-Meßwertgebern für diese Bewegungen, wobei das Objektiv (36) oder der Bildaufnehmer (41) der Kamera (18) zur Fokussierung in Kameralängsrichtung verstellbar angeordnet und mit einem fernsteuerbaren Stellantrieb (38) ausgestattet ist, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Signale der Drehwinkel-Meßwertgeber des Kamerakopfes (14) in digitalisierter Form laufend in einer Auswerteelektronik (32) zusammen mit konstanten Eingabedaten, welche mindestens einen der Kanalrohrweite proportionalen Wert ( $R$ ), sowie mindestens einen, dem Abstand ( $D$ ) der Kamerarotationsachse (24) von der Wand oder der Achse des Rohres proportionalen Wert umfassen, nach einem vorgegebenen Programm zu einem momentanen Rechenwert verarbeitet werden, der der Sichtlinienlänge ( $L$ ) zwischen Objektiv (36) und dem in dessen Blickrichtung liegenden Zielpunkt auf der Rohrwand proportional ist, und daß die Auswerteelektronik (32) den Stellantrieb (38) des Objektivs (36) oder Bildaufnehmers (41) aktiviert, bis dessen durch einen Positionsmeßwertgeber (44) bestimmten Ist-

wert mit dem, dem Rechenwert (L) entsprechenden Sollwert übereinstimmt, bei dem die Kamera (18) auf den momentan aufgenommenen Rohrwandbereich automatisch fokussiert ist.

5

7. Rohrinspektionsgerät nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Stellantrieb (38) für den Bildaufnehmer (41) eine Exzenter-scheibe aufweist, und daß der Positionsmeßwertgeber (44) ein Linearwegaufnehmer ist.

10

15

20

25

30

35

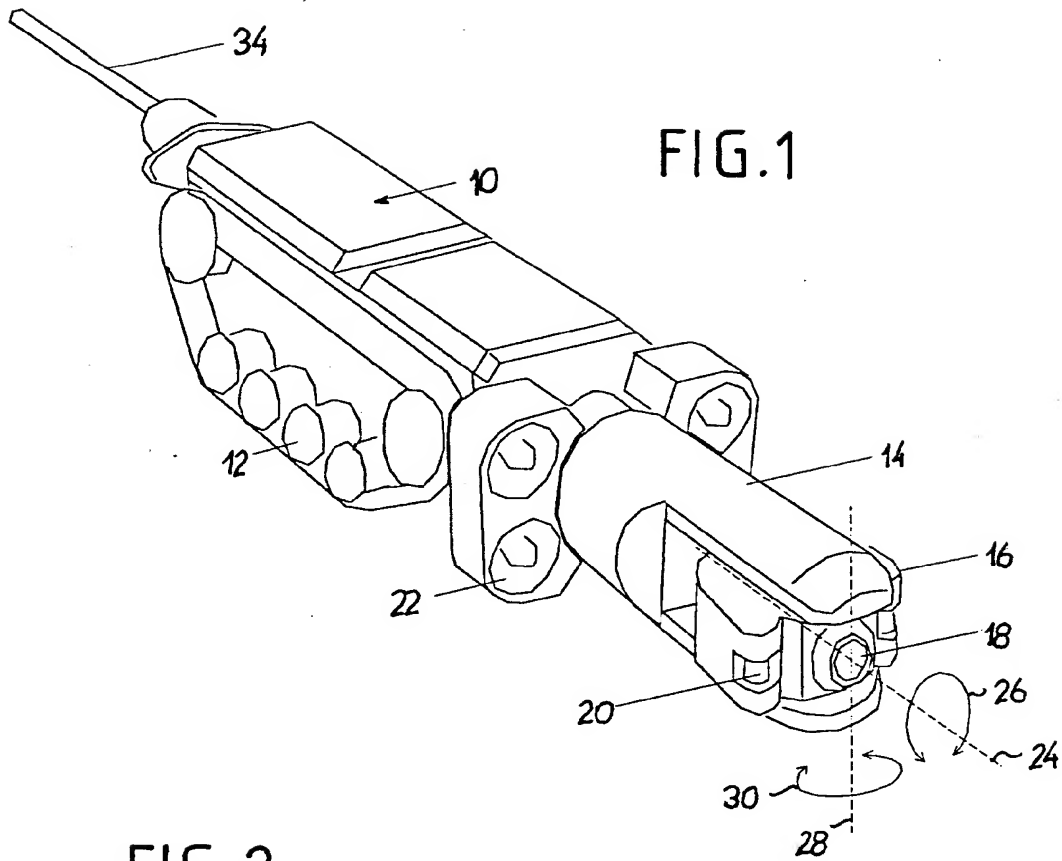
40

45

50

55





**FIG. 2**

